

# Findet der Klimawandel statt?

Was ist Klimawandel und wie hängt das Klima im Laufe der Zeit mit der Konzentration von Treibhausgasen zusammen?

- Unter Hunderten Metern Eis in der Antarktis haben Forschende einen wichtigen Schlüssel zum Verständnis des sich verändernden Klimas der Erde gefunden. **Eiskerne enthalten Hinweise auf frühere Konzentrationen von Gasen in unserer Atmosphäre.** Dadurch können Wissenschaftler:innen aus aller Welt – gemeinsam arbeitend – unsere Klimageschichte entschlüsseln.
- Die Informationen, die uns die **Paläoklimatologie** liefert, sind entscheidend für das Verständnis des Klimasystems.
- Hier wirst du moderne Werkzeuge kennenlernen, mit denen wir unser vergangenes Klima erforschen – und du wirst erfahren, warum das heutige Klima so wichtig ist.



# Eiskerne – Der Schlüssel zum Klima der Vergangenheit

- Was sind Eiskerne? Woher stammen sie?

Eiskerne **sind lange Zylinder aus Eis, die aus Gletschern und dauerhaften polaren Eisschichten gebohrt werden**, wo sich Jahr für Jahr Eis ohne Schmelzen ansammelt. Die meisten Proben stammen aus der Antarktis, Grönland oder aus Hochlagen in den Anden und im Himalaya.



# Wie werden Eiskerne gewonnen und untersucht?

---

Große elektromechanische Bohrer werden verwendet, um etwa **10 cm dicke Eiskerne** in **3-Meter-Abschnitten** zu bergen. Nach jedem Abschnitt wird der Bohrer erneut abgesenkt.

An der Oberfläche wird das Eis **beschriftet und in Abschnitte für verschiedene Analysen aufgeteilt**. Ein Teil der Analysen erfolgt direkt vor Ort, andere im Labor.

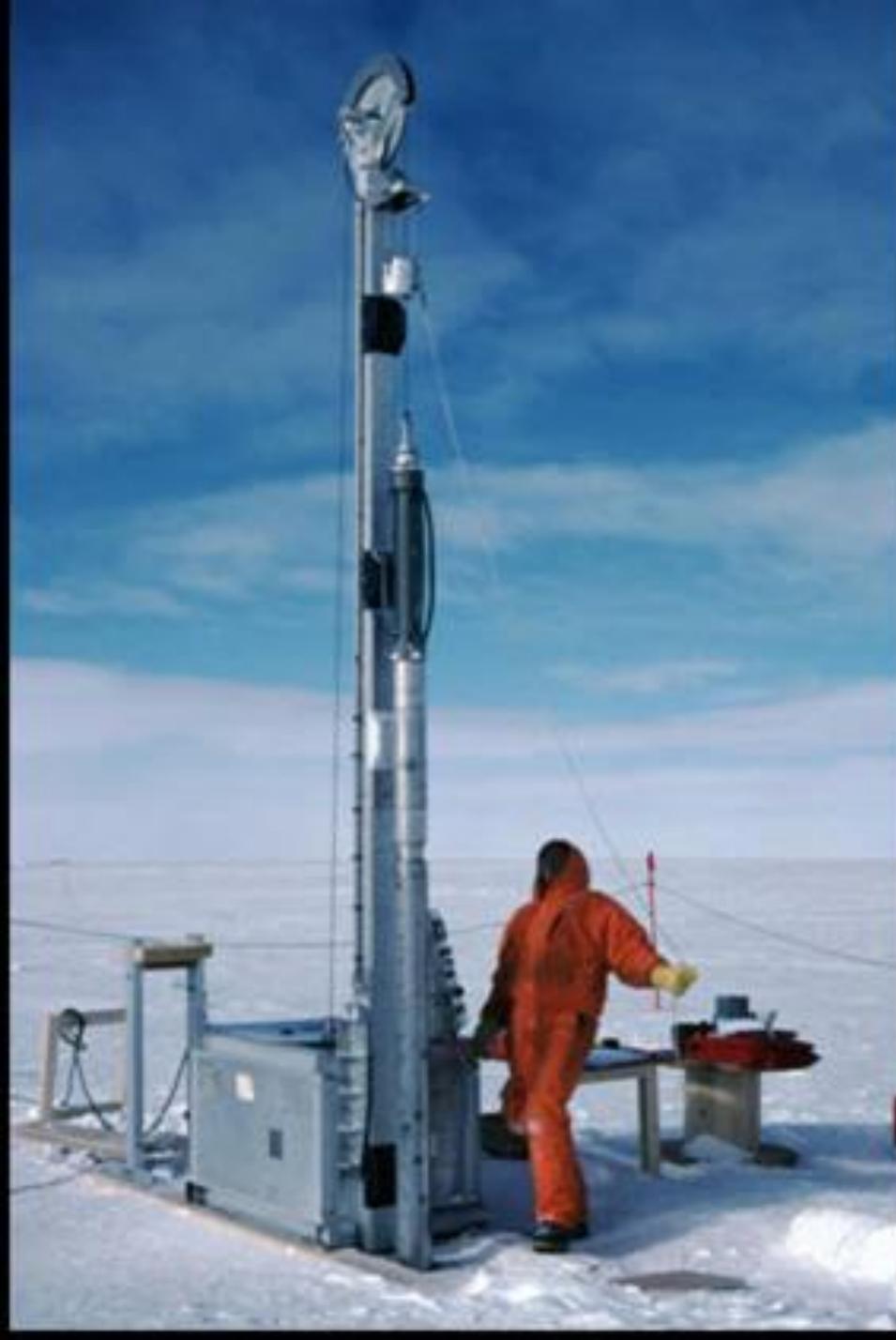
Die äußere, verunreinigte Schicht wird entfernt, und die Untersuchungen finden meist in Reinlaboren mit gefilterter Luft statt.



# Warum helfen uns alte Eisproben beim Verständnis früherer Klimata?

- Der Schnee in der Antarktis **schmilzt nicht, sondern wird durch weiteren Schneefall verdichtet**. Die Schneekristalle pressen sich zu einer **festen Eismatrix zusammen, in der winzige Luftblasen eingeschlossen** werden. Diese enthalten Gase aus früheren Zeiten.
- Nachdem ein Eiskern entnommen wurde, werden seine Schichten datiert. Eine Probe, die einen bestimmten Zeitraum repräsentiert, wird dann **in kleine Stücke zerkleinert, damit alle Luftblasen zerplatzen und die Gase entweichen können**. Die Gase werden häufig mithilfe von **Gaschromatografie\*** getrennt, und die Kohlendioxidkonzentration wird entweder durch Infrarotspektroskopie oder Massenspektrometrie gemessen.
- Anschließend kann das **Isotopenverhältnis** der Wassermoleküle in den Eisproben gemessen werden, **um historische Temperaturen zu bestimmen**.

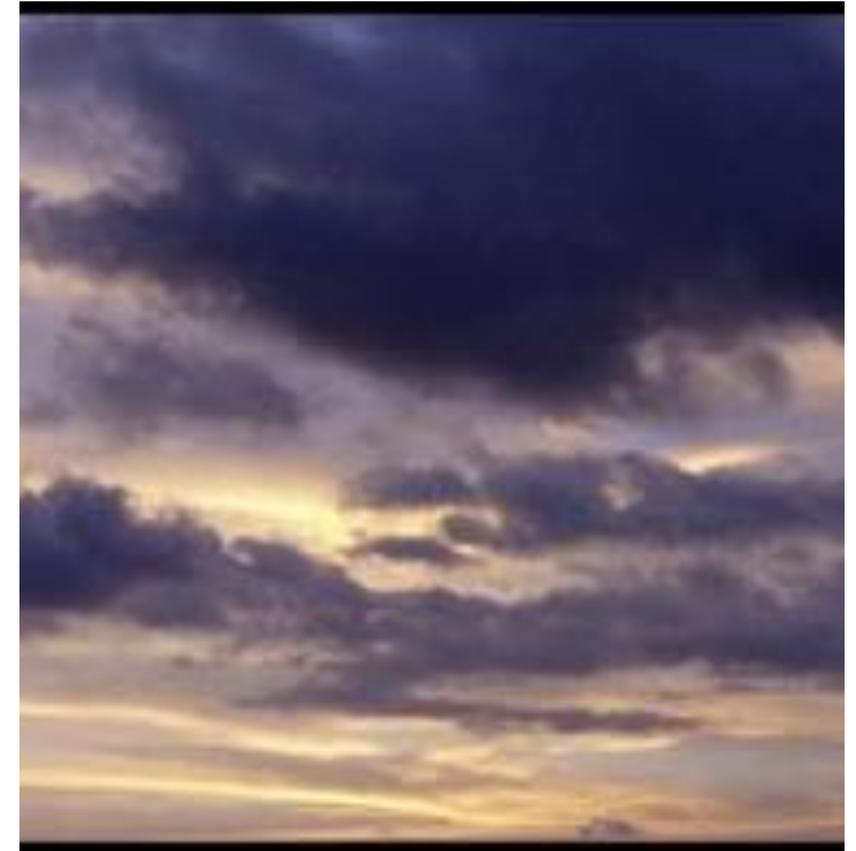
\***Gaschromatografie** ist ein Verfahren zur Trennung von Verbindungen in einem Gemisch. Sie basiert auf Unterschieden in der Fähigkeit der Verbindungen, aus einer festen Phase in einen vorbeiströmenden Gasstrom überzugehen.



# Wie können wir mit Eiskernproben Temperaturen von vor Hunderttausenden Jahren bestimmen?

---

- Wir können frühere atmosphärische Temperaturen nicht direkt aus Eiskernen messen, aber **wir können Daten gewinnen, die als stellvertretende Messwerte (Proxys) für globale Temperaturen dienen.**
- Die am häufigsten verwendeten Proxy-Daten aus Eiskernen sind **Isotopenverhältnisse.**
- Klimaforscher:innen haben Eiskerne aus Gletschern und Eisschilden auf der ganzen Welt entnommen. Durch die Analyse stabiler Isotopenverhältnisse in diesen Eiskernen können sie Temperaturdaten ermitteln, die über **400.000 Jahre in die Vergangenheit reichen.**



# ISOTOPENVERHÄLTNISSE

## Warum Isotopenverhältnisse?

Wenn Wasser aus Ozeanen und Seen verdunstet, gehen Moleküle mit leichteren Isotopen leichter in die Atmosphäre über als schwerere.

Dadurch ist der Wasserdampf in der Atmosphäre isotopisch leichter als das Meerwasser.

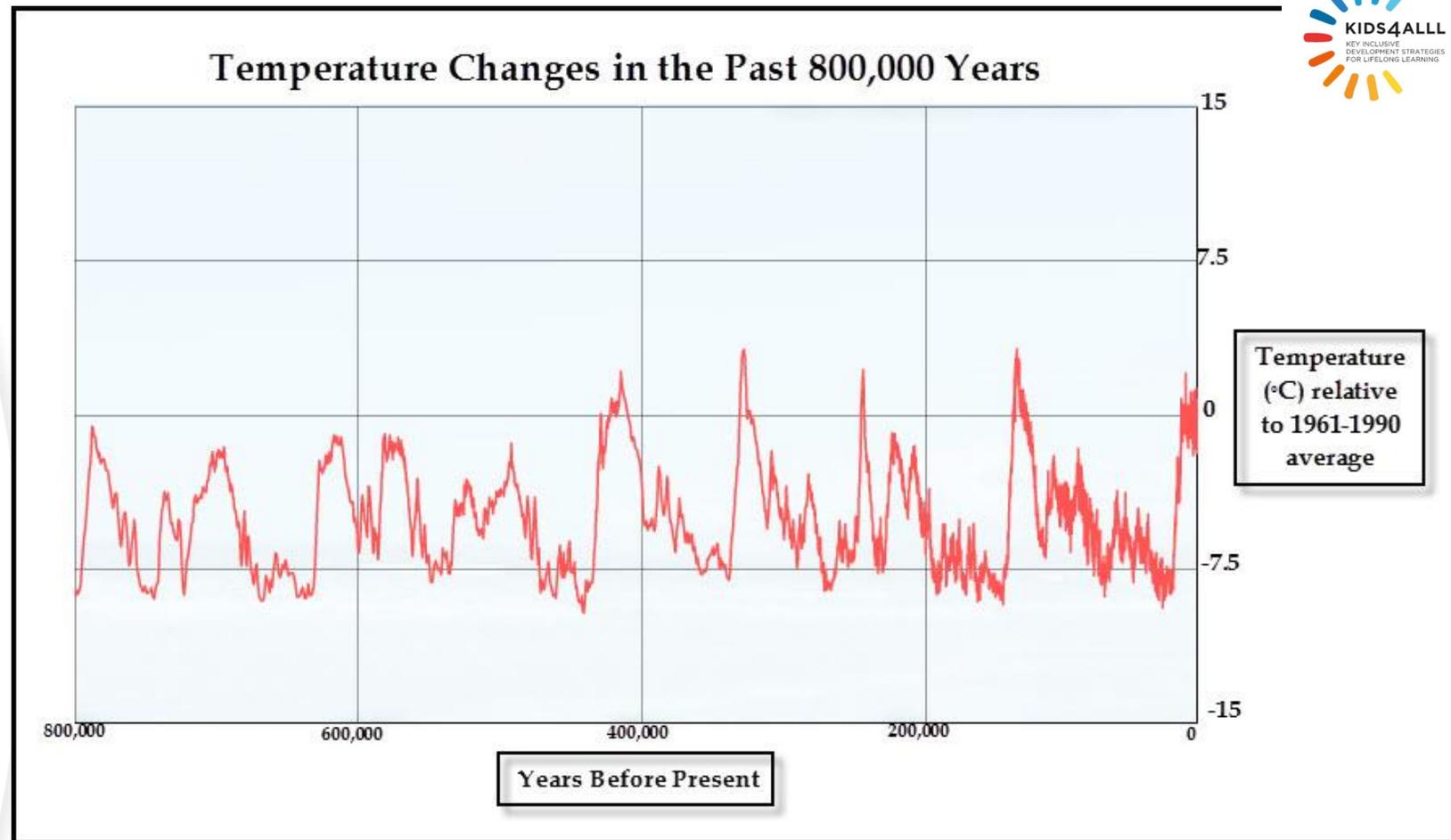
Wenn dieser Dampf zu Niederschlag kondensiert, fallen schwerere Isotope eher aus.

So sind die  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ - und  $\text{D}/\text{H}$ -Verhältnisse im Niederschlag geringer als im Meerwasser, aber höher als im Wasserdampf – ein Prozess, den man isotopische Fraktionierung nennt.



# Temperaturverläufe in Vergangenheit und Gegenwart

- Das Klima der Erde war schon immer im Wandel. Das untenstehende Diagramm zeigt die Temperaturschwankungen über 800.000 Jahre anhand von Eiskerndaten.
- Kältere Phasen entsprechen **Eiszeiten**, in denen große Teile der Nordhalbkugel von dicken Eisschichten bedeckt waren.
- Wärmere Abschnitte deuten auf **Zwischeneiszeiten** hin.



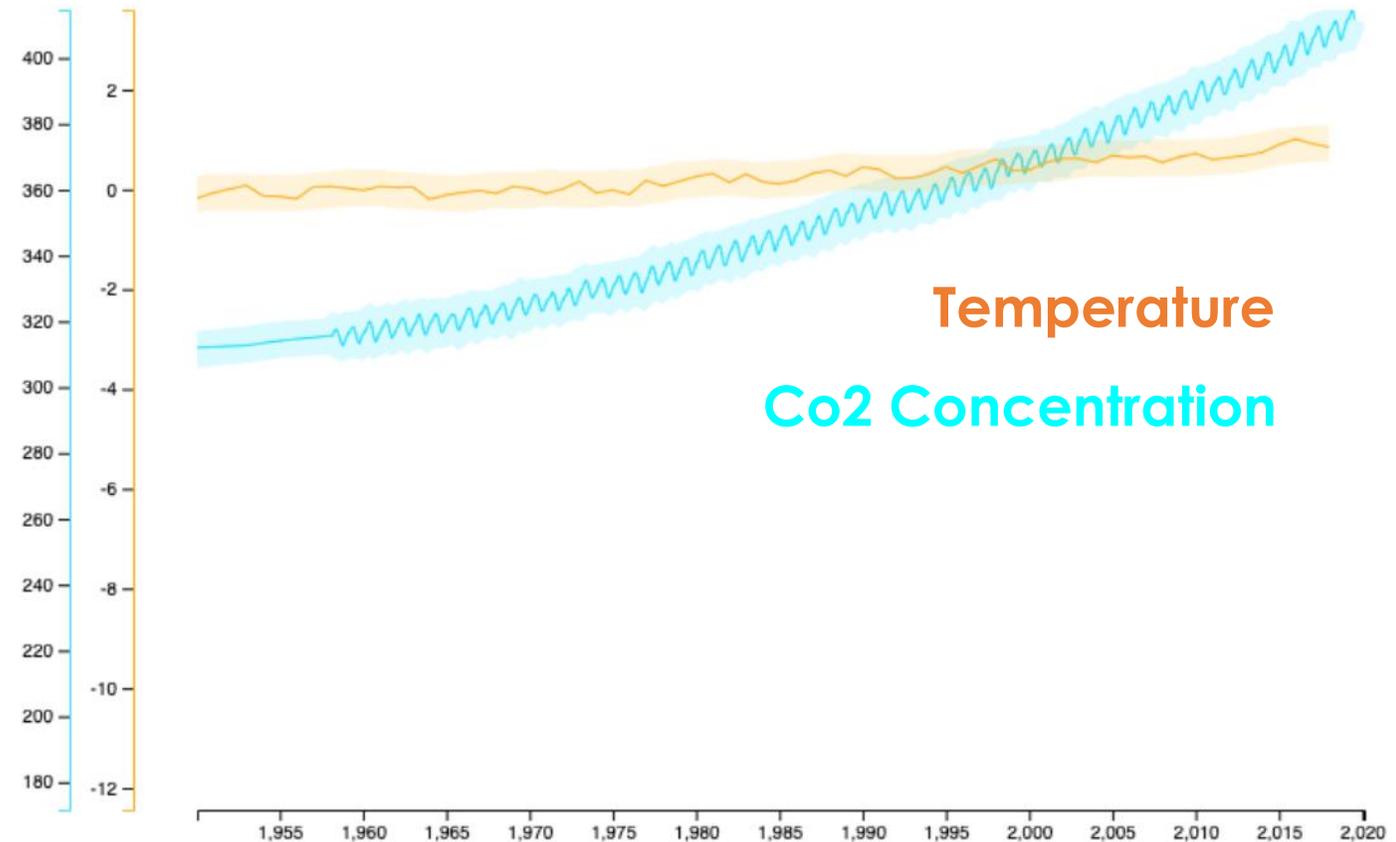
Auch wenn das Klima schon immer schwankte, hat sich die Veränderungsrate seit der Industriellen Revolution deutlich beschleunigt – was auf vom Menschen verursachte Ursachen hindeutet.

# Moment mal- was ist die Industrielle Revolution?

- **Industrielle Revolution:** Eine Phase schnellen industriellen Wachstums mit weitreichenden sozialen und wirtschaftlichen Folgen, die in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts in Großbritannien begann und sich rasch über Europa und die USA ausbreitete. Sie markiert den Beginn eines massiven Anstiegs im Verbrauch fossiler Brennstoffe und der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Begriffe vorindustriell und industriell beziehen sich auf die Zeit vor bzw. nach dem Jahr 1750.

# Zusammenhang zwischen Gas- und Temperaturverläufen

- Das Bild stammt aus einem Lernmodul über Klimaverläufe und zeigt Veränderungen von Kohlendioxid und Temperatur über die letzten 70 Jahre.



**Frage:** Gibt es einen Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub>-Konzentration und Temperatur? Du hast wahrscheinlich bemerkt, dass CO<sub>2</sub>- und Temperaturwerte ähnliche Verläufe zeigen.

# Denkanstoß

**Wie könnten sich Veränderungen von Temperatur und CO<sub>2</sub>-Konzentrationen gegenseitig beeinflussen?**

Eine Hauptquelle von CO<sub>2</sub> ist die Atmung von Pflanzen und Tieren. **Ein Temperaturanstieg beeinflusst die Dichte des Lebens auf der Erde.** Mehr Wärme kann zu mehr CO<sub>2</sub>-Quellen führen.

Und umgekehrt: Steigt die CO<sub>2</sub>-Konzentration, kann das auch die globale Durchschnittstemperatur erhöhen.

## Veränderungsraten in den letzten 250 Jahren

•Seit Beginn der ersten Industriellen Revolution im 18. Jahrhundert hat sich die Technik rasant entwickelt, um unseren Bedarf an Energie, Nahrung, Mobilität und Kommunikation zu decken.

•**Menschliche Erfindungen haben anthropogene Stoffe in unsere Umwelt gebracht und damit einen nie dagewesenen Anstieg von Treibhausgasen und Temperaturen ausgelöst.**

